

MEDIDA DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN FIBRAS DOPADAS CON ALTA CONCENTRACIÓN DE TIERRAS RARAS

F. J. Madruga, M.A Quintela, C. Jáuregui, M. Lómer, J. M. López Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica -Universidad de Cantabria

Tfno. 942-201879-Fax. 942-200877

email : madruga@teisa.unican.es

1. Introducción

Las fibras dopadas con Er presentan su principal campo de aplicación en su utilización para amplificadores ópticos de un solo paso de onda (travelling wave). Utilizado como amplificador el sistema proporciona en su conjunto una ganancia. La ganancia depende de muchos parámetros tales como potencia de bombeo, longitud de onda (tanto de bombeo como de señal), potencia a la entrada de la señal a amplificar, longitud de fibra, que diseñados, adecuadamente, hace que la ganancia sea máxima en unas determinadas condiciones. Utilizando fibras dopadas con bajas concentraciones de Er^{3+} se requieren varias decenas de metros para alcanzar las ganancias requeridas por los sistemas de comunicaciones ópticas. El uso de fibra de concentraciones de dopado más alto, pretenden solucionar el problema del tamaño, pero su bajo rendimiento obliga a añadir codopantes como el Lantano que eviten los efectos de interacción ion-ion y clustering que reducen su eficiencia.

La influencia de la temperatura en las fibras de alto dopado es el motivo principal de esta comunicación, donde se presenta la dependencia de los parámetros: coeficiente de absorción α_k , y Potencia intrínseca de saturación P_k^{IS} de seis fibras de alto dopado y uno de dopado medio descritas en la Tabla I. Fueron fabricadas con técnicas de deposición axial de vapor de fase y distintas concentraciones de dopantes en la composición del cristal hospedador. A partir de estos parámetros la ganancia de la fibra se puede determinar usando la siguiente única ecuación trascendental[1]

$$P_{\text{out}} = \sum_{K=1}^N A_K e^{-B_K P_{\text{out}}} \quad (1)$$

$$A_K = P_k^{\text{IN}} e^{-\alpha_k L} e^{P_{\text{in}}/P_k^{\text{IS}}} 0$$

$$B_k = 1/P_k^{\text{IS}}$$

En ella las propiedades de la fibra han sido sustituidas por los parámetros que se van a medir y conocidos dichos parámetros se puede obtener el valor de la potencia a la salida (P_{out}) para una potencia de entrada dada (P_{in})

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS DOPADAS CON ERBIO MEDIDAS

Fibra	Relación La/Er	Pico de absorción dB/m	Diámetro del núcleo μm	Longitud de onda de corte μm
Fibra 1	0	100	3.83	1,07
Fibra 2	0	100	3.83	1,07
Fibra 3	1	144	3.83	1,13
Fibra 4	1	146	3.83	1,125
Fibra 5	3.5	99	7.29	1,02
Fibra 6	3.5	90	7.29	1,02
Fibra 7*	0	5	7.29	1,1025

*Fibra 7 es una fibra con bajo dopado en Erblio

2. Trabajo experimental

La medida de los parámetros se realizó con una configuración de dos fuentes ópticas, una de ancho espectro y otro un láser sintonizable centrado en la banda de 1450 a 1570 nm. Con ayuda de un conmutador óptico se inyecta la potencia óptica de la fuente seleccionado sobre la fibra dopada con Erblio (EDF), depositada en el interior de una cámara climática, y se recoge la potencia óptica de salida con un conversor óptico eléctrico o con un analizador de espectros ópticos (OSA), según se aprecia en la figura 1.

Esta configuración permite realizar dos medidas por un lado el espectro absorción lineal de la fibra, utilizando el conjunto fuente ancha-OSA y por otro lado usando el conjunto láser-Convertidor-osciloscopio, la potencia intrínseca de saturación a partir del método rápido y no destructivo descrito en [2].

En la cámara climática se ha sometido a la fibra a intervalos de temperaturas de 0 a 60 grados centígrados con paso de 5°C, en ambos sentidos tanto ascendente como descendente. No se han observado efectos de histéresis en la medida.

Debido a las elevadas atenuaciones de las fibras usadas se han usado longitudes cortas en las medidas para evitar valores de potencias bajas en los equipos de medida y medir con una cierta calidad Señal/ruido. Lo cual conlleva un error asociado a la medida debido a la propagación de modos por la cubierta que se tiene que minimizar y se ha despreciado tras las comprobaciones experimentales oportunas.

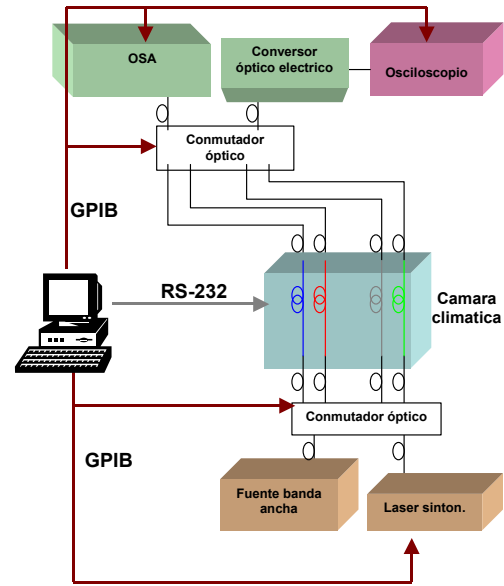


Fig. 1. Configuración del sistema de medida

3. Resultados

En las figuras 2 y 3 se representan los espectros de absorción de dos fibras una con codopante lantano y otra sin él. Se puede observar la menor dependencia del coeficiente de absorción con la temperatura en presencia de lantano. Esto encuentra su justificación al tratarse de una tierra rara pasiva por tener su capa 4f completamente llena, pero físicamente ocupa espacio separando los iones de Erblio dentro del cristal previniendo

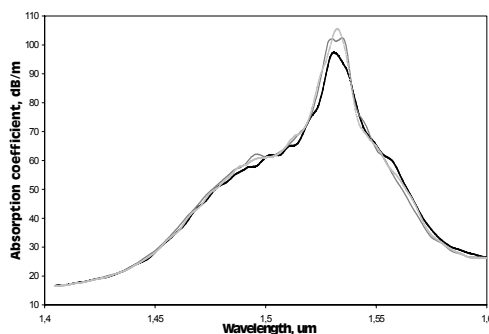


Fig.2. Datos de coeficiente de absorción de la fibra
1 Alta concentración
---- 0°C ---- 30°C ---- 60°C

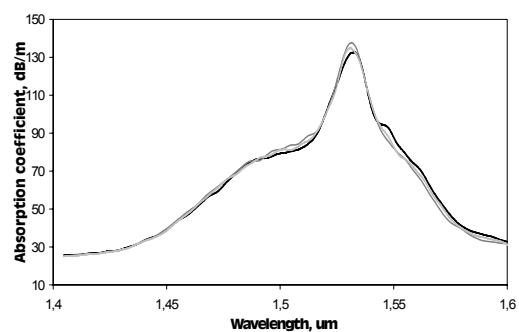


Fig.3. Datos de coeficiente de absorción de la
fibra 3 relación La/Er =1.
---- 0°C ---- 30°C ---- 60°C

sus interacciones. En esta misma línea se ha observado que el comportamiento es muy similar al que tiene la fibra 7 es decir como si la concentración de Erblio fuera media-baja[3].

En la figura 4 se observa como la Potencia intrínseca de saturación (P_{IS}) crece con la temperatura medida a la longitud de onda de 1536 nm que es donde su variación es máxima. La variación es lineal con mínima pendiente ante mayor presencia de Lantano. A 1480 nm, longitud de onda de bombeo típica para EDFA, no se ha observado variación de la P_{IS} con la temperatura.

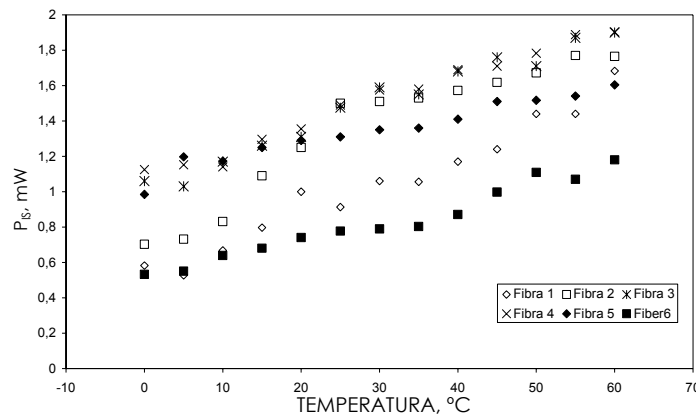


Fig 4 Variación de la P_{IS} con la temperatura

4. Conclusiones

La dependencia con la temperatura de la potencia intrínseca de saturación y el coeficiente lineal de absorción de varias fibras dopadas y codopadas se ha encontrado que decrece con la concentración y que el codopado con Lantano la reduce aun más. Los resultados obtenidos manifiestan que incrementos de la concentración de lantano en fibras dopadas con alta concentración de Erblio mejoran la estabilidad de los amplificadores de fibra con respecto a cambios de temperatura.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a David Millán su ayuda técnica en el proceso de medida y a Doug Williams de B.T. la cesión de fibras dopadas y codopadas. Este trabajo se ha podido realizar, en parte, gracias a los medios aportados por el proyecto TIC01-0877-C02-01

Referencias

- [1] A. A. M. Saleh, R. M. Jopson, J.D. Evankow, J. Aspell. "Modeling of Gain in Erbium doped fiber amplifiers", *IEEE Photon. Technol. Lett.* V2, N°10, 1990.
- [2] C. Mazzali, H.L. Fragnito, E. Palanca, D.C. Dini. "Fast method for obtaining Erbium doped fibre intrinsic parameters" *Electronics Letters* V32 n°10, 1996.
- [3] Fco. J. Madruga, J. L. Arce, A. Cobo, J. Echevarría, J.M. López Higuera, "Viabilidad teórico-experimental de la utilización de fibra dopada con Erblio en transmisión bombeada a 1480 nm como transductor de temperatura", Reunión Nacional de óptica. Valencia 1997